

Aku Vimpari

SÄHKÖAUTOKONVERSION KÄYTTÖÖNOTON OHJEISTUS

Sähkötekniikan koulutusohjelma
2017

SÄHKÖAUTOKONVERSION KÄYTTÖÖNOTON OHJEISTUS

Vimpari, Aku
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2017
Ohjaaja: Pulkkinen, Petteri
Sivumäärä: 28
Liitteitä: 0

Asiasanat: sähköauto, käyttöohje, sähköautokonversio

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä Satakunnan ammattikorkeakoulun sähköautokonversiosta käyttöönnoton ohjeistus. Sähköautokonversio tehtiin oppilasprojektina 1962 vuosimallin kuplasta.

Ohjeistuksen on tarkoituksena toimia käyttöohjeena auton käyttöön, minkä lisäksi ohjeistuksen avulla voi paikantaa mahdollisen vian. Opinnäytetyössä käydään myös hieman yleisesti sähköautoihin liittyviä asioita.

USER'S MANUAL FOR THE CONVERTED ELECTRIC CAR

Vimpari, Aku

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

January 2017

Supervisor: Pulkkinen, Petteri

Number of pages: 28

Appendices: 0

Keywords: electrical car, user's manual, converted electric car

The purpose of this thesis was to make a user's manual for the electric car conversion made by at Satakunta University Of Applied Sciences. The conversion was made on the basis of 1962 Volkswagen beetle. The manual can also be used to locate possible faults. As an introduction, the technology of the electric cars is described.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Tutkimuksen tausta.....	5
1.2	Tutkimuksen tavoitteet	5
2	SÄHKÖAUTOJEN AJOVOIMAJÄRJESTELMÄT.....	6
2.1	Yleisimmät sähkömoottorit sähköautoissa	6
2.2	Tasavirtamoottori.....	6
2.3	Vaihtovirtamoottorit	6
2.4	Moottoriohjain	7
3	AKUSTO JA LATAUSJÄRJESTELMÄ	8
3.1	Ajoakusto.....	8
3.2	Battery Management System	9
4	TURVALLISUUS.....	10
4.1	Kolarikytin	10
4.2	Hätä-seis-kytkin	10
5	SÄHKÖAUTOKONVERSION KUPLAN KÄYTTÖOHJE.....	11
5.1	Auton perustoiminnot	11
5.1.1	Auton tärkeimmät komponentit ja niiden sijainti autossa.....	11
5.1.2	Auton ohjaamo	12
5.2	Moottori ja moottoriohjain.....	14
5.2.1	Ajomoottori	14
5.2.2	Moottoriohjain.....	15
5.3	Akusto ja latausjärjestelmä	17
5.3.1	Kuplan akusto.....	17
5.3.2	Kuplan laturi.....	17
5.3.3	Battery Management System	18
5.4	Kuplan sähköt	25
5.4.1	Auton sulakkeet.....	25
5.4.2	Auton sähköistä yleisesti	26
6	YHTEENVETO	27
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Satakunnan ammattikorkeakoulussa tehtiin sähköautokonversio oppilaiden kesken kesällä 2015 ja 2016. Koulun sähköautoprojektissa tehtiin 1962 vuosimallin Volkswagen kuplasta sähköauto. Projekti saatiin 2015 kesän aikana valmiiksi, mutta joidenkin ongelmien takia projektia piti jatkaa kesällä 2016. Yhtenä ongelmana oli esimerkiksi ajoakuston kestävyys.

Satakunnan ammattikorkeakoulussa oli jo tehty aikaisemminkin sähköautoprojekti, joten kyseisestä projektista oli vähän apua myös tässä projektissa. Aiemmassa projektissa tehtiin Volkswagen Kleinbusista oppilaskäyttöön tarkoitettu sähköauto. Lisäksi netistä löytyy lukuisia erilaisia ohjeita samantapaisiin projekteihin liittyen, jotka toimivat apuna uudemmassa sähköautoprojektissa.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Kappale 5 on kyseisen sähköautokonversion käyttöohje, jossa pureudun tarkemmin auton teknillisiin osiin, niiden toimintoihin ja käyttämiseen. Muissa kappaleissa käyn läpi yleisesti sähköautojen vaatimuksista ja yleisistä ratkaisuista.

Käyttöohjeen tarkoituksena on toimia tulevaisuudessa apuna sähköauton huollossa ja mahdollisen vian selvittämisessä ja mahdollisesti myös vikapaikan paikantamisessa. Lisäksi käyttöohjeesta voi tarvittaessa löytää lisätietoa käytetyistä laitteista, sekä laitteistojen tarkempia teknillisiä tietoja.

2 SÄHKÖAUTOJEN AJOVOIMAJÄRJESTELMÄT

2.1 Yleisimmät sähkömoottorit sähköautoissa

Yleisimmät sähkömoottorityypit ovat tasavirtamoottori, tahtimoottori, oikosulkumoottori ja kestopagneettitahtimoottori. Sähkömoottorit toimivat sähköisten magneettien avulla, jotka voidaan kytkeä päälle ja pois. Moottoreissa on kaksi perusosaa, jotka ovat roottori ja staattori. Roottori pyörii akselin mukana ja staattori pysyy paikoillaan. Molemmissa osissa voidaan saada aikaan sähköinen magneettikenttä. (Motiva [www-sivut](#))

2.2 Tasavirtamoottori

Muuttuva sähkökenttä saadaan aikaan tasavirtamoottoreissa roottorissa vaihtamalla magneettien napaisuutta sähkövirran suunnankääntäjän avulla, eli kommutaattorilla. Tasavirtamoottoreita on harjallisia ja harjattomia. (Motiva [www-sivut](#))

Harjallisten ja harjattomien tasavirtamoottorien ero on kommutaattorissa. Harjallisissa tasavirtamoottoreissa kommutaattori vaihtaa mekaanisesti napaisuutta sen harjojen avulla. Harjat valmistetaan yleensä hiilestä tai metallista. Harjattomissa tasavirtamoottoreissa roottori on kestopagneetoitu ja kommutaattori toimii sähköisesti. (Motiva [www-sivut](#))

2.3 Vaihtovirtamoottorit

Tahtimoottori toimii vaihtovirralla, moottori pyörii täsmälleen vaihtovirran taajuuden ja koneen napaluvun määräämässä tahdissa. Tahtimoottoreissa roottori magnetoidaan johtamalla magnetointivirta erillisestä piiristä suoraan roottorin käämitykselle. (Motiva [www-sivut](#))

Oikosulkumoottori toimii myös vaihtovirralla, moottori hyödyntää induktiota. Induktio syntyy, kun vaihtovirta muodostaa staattoriin roottorin ympärillä pyörivän magneettikentän. Magneettikenttä aiheuttaa induktiolla roottorin käämeihin virran, jolloin magnetoitunut roottori pyrkii seuraamaan staattorin pyörivää magneettivuota ja saa aikaan roottorin pyörimisliikkeen. (Motiva [www-sivut](#))

Kestomagneettitahtimoottorin magnetointi tapahtuu roottorissa olevilla kestopagneettien avulla. Kestomagneettimoottori on yleisin sähköautoissa käytetty sähkömoottori. (Motiva [www-sivut](#))

2.4 Moottoriohjain

Sähköautoon tulee valita moottoriohjain sen mukaan, minkälainen moottori autoon on valittu. Moottoriohjainta valitsemisessa tulee ottaa huomioon, että se sopii yhteen auton moottorin kanssa.

Tasavirta- ja vaihtovirtamoottoreille on omanlaiset moottoriohjaimet. Tasavirtamoottorin ohjain pilkkoo jännitettä moottorille haluttuun kierroslukuun ja moottoria ohjataan pulssisuhteella. Vaihtosähkömoottorin ohjaimen toiminta perustuu vaihtojännitteen taajuuden ja geometrian muuttamiseen. (Sähköautot - Nyt! [www-sivut](#))

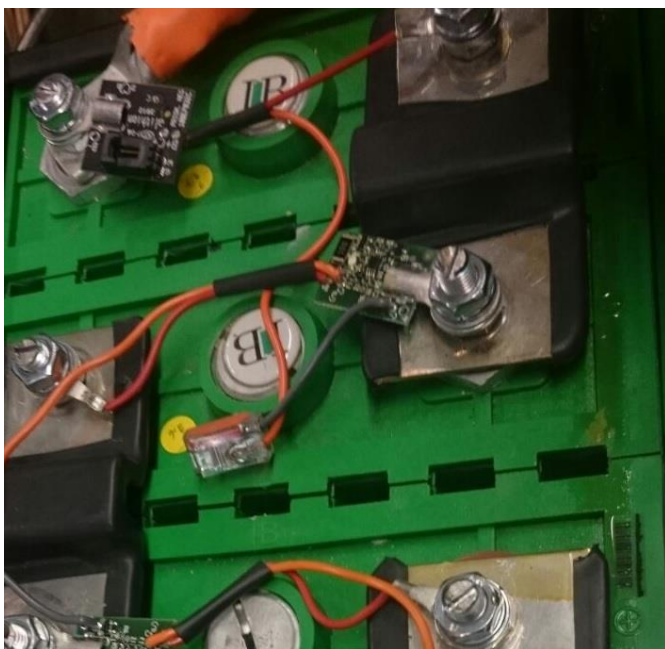
3 AKUSTO JA LATAUSJÄRJESTELMÄ

3.1 Ajoakusto

Sähköautojen tärkein elementti on akusto. Akusto tulee olla kunnossa, mikäli haluaa saada toivotun ajomatkan suoritettua. Akusto pitäisi olla mahdollisimman kevyt jonka lisäksi akkujen pitäisi olla mahdollisimman laadukkaita ja samalla niitä pitäisi olla tarpeeksi monta. (Lintula 2014)

Projektin alussa autoon asennettiin ajoakustoksi 12 kappaletta 12 voltin lyijyakkua. Autoa testattaessa huomattiin, ettei ajoakusto ole kovinkaan kestävä eikä sillä pääse tavoiteltuun ajomatkaan, joten päädyttiin akusto vaihtamaan. Sähköautot tulisi pitää mahdollisimman kevyenä, joten senkään takia lyijyakusto ei ollut varsin toimiva ratkaisu. Akusto vaihdettiin aikaisemmasta Satakunnan ammattikorkeakoulun sähköautoprojektista tuttuun LiFePo₄-akustoon.

Akuston vaihduttua LiFePo₄-akustoon autoon jouduttiin myös asentamaan ajoakkujen latausta ja käyttöä ohjaava järjestelmä, eli BMS-järjestelmä. Projektissa käytetty litiumioniakusto tuo autoon lisää ajomatkaan verrattuna lyijyakuston tuomaan ajomatkaan.



Kuva 1. Litiumioni akusto päältä. (Vimpari 2016)

3.2 Battery Management System

BMS-järjestelmä, eli latauksenohjausjärjestelmä, seuraa akkukennojen jännitettä. Järjestelmiä on saatavilla erilaisia, järjestelmät poikkeavat toisistaan toimintarakenteilla. Yksinkertaisin toimintarakenne on keskitetty. Keskitetyssä järjestelmässä on ainoastaan keskusyksikkö, mikä valvoo akuston toimintaa. Kyseinen järjestelmä sopii hyvin halpoihin akustoihin, jotka eivät vaadi kovin tarkkaa valvontaa. Toisessa rakennevaihtoehdossa on keskusyksikön lisäksi muutamista kennoista muodostuvat moduulit. Moduulien avulla valvonnasta tulee tarkempaa, eikä järjestelmästäkään tule vielä kovin monimutkaista. Monimutkaisin ja kallein vaihtoehto näistä kolmesta on hajautettu järjestelmä. Järjestelmässä on jokaiselle kennolle oma BMS-moduuli, joiden avulla voidaan valvoa yksittäisten kennojen toimintaa ja ohjata akuston toimintaa erittäin tarkasti. Kyseisessä järjestelmässä moduulit on kytketty toisiinsa väylätekniikalla, joka mahdollistaa moduulien välisen kommunikoinnin. (Lintula, 2014)

Kun kuplaan asennettiin LiFePo₄-akusto, tuli siihen myös asentaa BMS-järjestelmä valvomaan akuston kennoja. Kuplassa käytetty BMS-järjestelmä on sama kuin, aikaisemmassa Satakunnan ammattikorkeakoulun sähköautoprojektissa, Volkswagen Kleinbusissa.

Hajautettu järjestelmän asentaminen on yleensä välttämätöntä kalleimmissa akkutyypeissä, kuten litiumioniakuilla, koska kyseiset akkutypit ovat erittäin herkkiä väärin käytön suhteen. (Lintula, 2014)

4 TURVALLISUUS

Sähköauton turvallisuudessa on otettava huomioon tiettyjä standardeja liittyen asennuksiin ja suunnitteluun. Esimerkiksi SFS 6000-7-722 käsittelee Erikoistilojen ja -asennusten vaatimuksia ja sähköajoneuvon syöttöä.



Kuva 2. Kuvassa näkyy hätä-seis-kytkin ja törmäyskytkin. (Pulkkinen 2016)

4.1 Kolarikytkin

Kolari tilanteessa sähköauto tulee saattaa jännitteettömään tilaan, tämän takaa kolarikytkin. Kolarikytkin on laite mikä löytyy jokaisesta autosta, sähköautossa käytetty kolarikytkin avaa pääkontaktorin, katkaisee virransyötön moottoriohjaimelta ja avaa suunnanvaihtokontaktorit. Normaalisti kolarikytkin katkaisee polttoainepumpun syötön.

4.2 Hätä-seis-kytkin

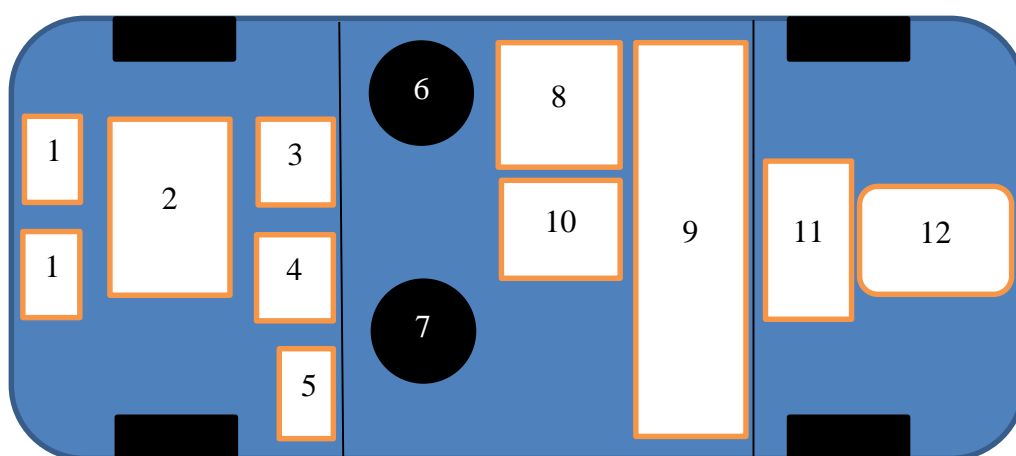
Hätä-seis-kytkin toimii samalla tavalla kuin edellä mainittu kolarikytkin. Hätä-seis-kytkin on asennettu sen varalta, mikäli ajovaiheessa tai muutenkin ilmenee häiriötilanne. Jos häiriötilanne ilmenee, niin hätä-seis-kytkintä painaessa auton virrat katkeavat ja tarvittavat toimenpiteet ovat tämän jälkeen turvallisempi suorittaa.

5 SÄHKÖAUTOKONVERSION KUPLAN KÄYTTÖOHJE

Tässä kappaleessa käyn Satakunnan ammattikorkeakoulun sähköautokonversion Volkswagen kuplan käyttämistä ja laitteistoa läpi. Tämä kappale toimii kyseisen kuplan käyttöohjeena.

5.1 Auton perustoiminnot

5.1.1 Auton tärkeimmät komponentit ja niiden sijainti autossa



Kuva 3. Hahmotelma sähköautokonversion VW kuplasta.

Kuva 3 on hahmotelma Satakunnan ammattikorkeakoulun sähköautokonversion Volkswagen kuplasta, missä näkyy auton tärkeimmät komponentit ja niiden sijainti.

Laatikot numerolla 1 kuvaavat 12 V akkuja, numero 2 konepellin alla olevaa harmaata koteloa, joka sisältää 15 kpl litium-akkuja. Laatikko numero 3 sisältää pääkontaktorin ohjaukset sekä latauksen ohjauksen releet, 4 on laturi ja 5 12V sulakkeet. Nämä kaikki sijaitsevat auton konepellin alla.

Numeroilla 6 ja 7 merkityt ympyrät kuvastavat auton penkkejä, apukuskin penkki on numero 6 ja kuljettajan penkki on 7. Apukuskin takaa löytyvät laatikot 8 ja 9, nämä laatikot kuvastaa akkulohkoja. Laatikossa numero 10 ovat pääkytkimet sekä auton pääsulake. Laatikot 8 ja 9 kuvastaa molemmat yhtä lohkoa akustoja. Numerossa 8 on

15 litium-akkua ja 9 on 25 litium-akkua. Näin ollen autosta löytyy yhteensä 50 litium-akkua.

Numerot 11 ja 12 löytyvät auton tavaratilasta, näistä laatikoista numero 11 on moottoriohjain ja 12 on moottori.

5.1.2 Auton ohjaamo



Kuva 4. Kuplan ohjaamo. (Pulkkinen 2016)

Autolla ajaminen tapahtuu ihan samalla tavalla, kun normaaleissakin autoissa. Polkimista löytyy kytkin-, jarru-, kaasupolkimet, myös vaihteisto toimii normaalilla tavalla.

Ratissa olevasta viiksestä hallitaan vilkkuja. Nopeusmittarin vierestä löytyy jännitemittari, mikä kertoo suuntaa antavan akuston varauksen, mistä voi päätellä kuinka kauan yhdellä varauksella voi vielä ajaa. Äänimerkki löytyy kojelaudan alta olevasta napista.

Jännitemittarin oikealla puolella on kaksi vetonuppia. Vasemmalla puolella oleva vetonuppi on valojen katkaisija, katkaisija on kaksiosainen. Ykköskohdassa on parkivalot ja kakkoskohdassa on ajovalot. Takavalot menevät päälle jo ykköskohdasta ja

ne pysyvät myös kakkoskohdassa päällä. Pitkiä valoja hallitaan jalkatilassa löytyvästä kytkimestä. Oikealla puolella oleva vetonuppi hallitsee tuulilasin pyyhkijöitä. Nupin keskellä on painike mikä hallitsee pissapoikaa.

Auton virtalukko toimii koko sähköpiirin katkaisijana. Eli kun virta on kytkettynä pois päältä virtalukosta, autoa ei voi luonnollisesti ajaa. Konepellin alta löytyy myös pääkatkaisija, joka pitää olla auton käytön aikana kytkettynä päälle.

Vaihdekepin takana on hätä-seis-painike, joka sulkee auton koko virtapiirin. Painiketta tulee käyttää, jos havaitsee epänormaalia käytöstä sähköihin liittyen. Kyseinen painike on pakollinen sähköautoissa. Hätä-seis-painikkeen vierestä löytyy myös kolarikytkin, joka saattaa auton jännitteettömäksi kolaritilanteissa.

Kuvassa 5 punaisella ympyröity kytkin hallitsee pitkiä valoja.



Kuva 5. Polkimet ja pitkien valojen kytkin. (Pulkkinen 2016)

5.2 Moottori ja moottoriohjain

5.2.1 Ajomoottori

Autossa ajomoottorina toimii NetGain motorsin valmistama Warp 9 moottori. Moottori on hiiliharjallinen tasavirtamoottori.



Kuva 6. Auton konehuone. (Pulkkinen 2016)

5.2.1.1 Moottorin tekniset tiedot

Moottorin pituus on noin 40cm ja paino noin 71kg. Moottorin halkaisija on noin 23cm. Hevosvoimia moottorissa on 34, kun sen syöttö on jatkuva 144V. Tällöin moottorin pyörimisnopeus on 5,800 kierrosta minuutissa. Korkein vääntömomentti on 135Nm, silloin kun sen virransyöttö on 500A. Tällöin moottorin hyötysuhde on noin 93%. (Go-ev www-sivut)

Moottorin jäähdytys on toteutettu puhaltimilla. Moottorin lämpöeristysluokka on H. Lämpöeristysluokka H tarkoittaa sitä, että sallittu kuumimman pisteen lämpötila on 180°C. Ja sallittu vastusmittauksen avulla määritetty käämityksen lämpötila on 165°C. Sekä käämityksen lämpenemä, kun ympäristön korkein lyhytaikainen lämpötila on +40°C, on 125°C. (Go-ev [www-sivut](#))

5.2.2 Moottoriohjain

Moottoriohjaimena toimii EVNeticsin valmistama Soliton jr. Moottoriohjain ohjaa nimensä veroisesti moottoria. Moottoriohjain tulee asentaa suojaiseen paikkaan. Ohjain ei saa päästä kastumaan, vaikkakin se on roiskesuojattu. Sähköautokonversion kuplassa moottoriohjain on sijoitettu auton takaluokkuun moottorin yläpuolelle.

5.2.2.1 Tekniset tiedot ja ominaisuudet

Tulojännitteen jännite väli on 9-340V. Yli 310V:in tulojännite redusoidaan. Maksimi virta on 600A. Maksimi jännitehäviö on 1,5V maksimilla syöttövirralla, normaali jännitehäviö on noin 0,8V. KytKentätaajuus valittavissa 8-14kHz välillä.

Moottoriohjaimen kotelo on nikkelillä päällystetty alumiinikotelo, kotelo on roiskesuojattu, tiivisteluokka on suunnilleen IP55.

Moottoriohjainta voi ohjelmoida tavallisella nettiselaimella, sekä suoritusdata luettavissa Ethernet portin kautta. (EVNetics :in [www-sivut](#))

5.2.2.2 Moottoriohjaimen konfigurointi

Moottoriohjaimen konfigurointi tapahtuu tietokoneen selaimella. Tietokone tulee kytkeä moottoriohjaimen kyljessä olevaan Ethernet porttiin. Tämän jälkeen pitää odottaa yleensä noin minuutin verran, että tietokone on asettanut moottoriohjaimelle IP:n. Tämän jälkeen konfigurointisivun saa auki selaimella <http://169.254.0.1/> osoitteella. (EVNetics www-sivut)



The screenshot displays the EVNetics controller interface, which is divided into several sections for monitoring and configuration.

Header: The EVNetics logo is on the left, and the text "evnetics controller interface" is on the right.

Status Section: A dark blue box contains the following information:

- Model: Soliton 1
- Serial number: 07-11-9999
- Software version: 1.4 (Jul 10 2011)
- Current controller mode: Running
- Throttle (min/max): 5/94 %
- CPU usage: 32 %
- RAM usage: 69 %

 A "status" label is centered in the box. Buttons for "Write settings to textfile" and "Factory defaults" are at the bottom.

Configuration Section: Below the status box, there are several settings:

- Power mode:** A dropdown menu currently set to "Performance".
- Brake input:** A dropdown menu currently set to "Off".
- Tachometer:** A dropdown menu currently set to "Off".
- Input:** Three dropdown menus for I1, I2, and I3, all currently set to "Off".
- Invert:** Three checkboxes, all currently unchecked.
- Output:** Three dropdown menus for O1, O2, and O3, all currently set to "Off".
- Buttons for "Set" and "Reset" are located below the output settings.

Throttle and Current Settings:

- Throttle deadband (0-50 %):** A text input field with the value "3".
- Half throttle current (10-90 %):** A text input field with the value "50".
- Buttons for "Set" and "Reset" are located below these fields.

Battery and Motor Limits:

- Minimum battery voltage at no current (9-300V):** A text input field with the value "150".
- Minimum battery voltage at full current (9-300V):** A text input field with the value "100".
- Maximum battery current (10-1000A):** A text input field with the value "500".
- Maximum motor voltage (9-342V):** A text input field with the value "170".
- Maximum motor current (50-1000A):** A text input field with the value "900".
- Maximum motor power (20-300kW):** A text input field with the value "100".
- Slew rate (100-25000A/s):** A text input field with the value "500".
- Buttons for "Set" and "Reset" are located below these fields.

Footer: At the bottom, there is a checkbox labeled "Disable the controller for upgrades and throttle range calibration." and a button labeled "Disable controller". The copyright notice "© 2009-2011 evnetics" is at the very bottom.

Kuva 7. Kuva moottoriohjaimen konfigurointi sivustosta. (EVNetics www-sivut 2016)

5.3 Akusto ja latausjärjestelmä

5.3.1 Kuplan akusto

Akustona on LiFePo₄, eli litiumioniakusto, akuston nimellinen kapasiteetti on 160 Ah. Täydellä akuston varauksella autolla pystytään ajamaan yli 150 kilometriä. Akkukennoja on asennettu 50 kappaletta autoon ja kennot on jaettu kolmeen lohkon autoon. Akuston latauksen hoitaa PAP3200-laturi yhdessä BMS-järjestelmän kanssa. BMS-järjestelmän avulla akuston kuntoa pystytään seuraamaan. Akuston lataus tapahtuu, kun se kytketään verkkovirtaan auton keulassa olevasta pistokepaikasta.

5.3.2 Kuplan laturi

Autoon on asennettu PAP3200-laturi, kyseessä ei ole markkinoiden älykkäin laturi. Tässä tapauksessa laturin ei tarvitse olla kovinkaan älykäs, koska BMS-järjestelmä hoitaa latauksenohjauksen ja valvoo akustoa. Laturi toimii releohjattuna, joka toimii laturin ja akuston suojana latauksen aikana.

5.3.2.1 Laturin ominaisuudet

PAP3200-laturin jännitealue on 0-320Vdc. Laturia pystyy ohjaamaan analogisesti ulkoisella 0-5Vdc jännitteellä. Laturista löytyy myös virtakatkon hälytyslähtö ja isäntä-/apulaite-liitäntä, eli niin sanottu master/slave-liitäntä. (Powerfinn [www-sivut](#))

Powerfinn PAP -sarja on tehokas ja kevyt hakkuritekniikkaa käyttävä virtalähde. Kaikkia laitteita voidaan käyttää virtalähteenä tai akkujen vakiojännitelaturina. Lähdejännitettä ja -virtaa voidaan säätää nolasta suurimpaan arvoonsa ulkoisella 0–5 V:n analogiaohjauksella, sisäisillä säätö trimmereillä tai sarjaväylästä. (Powerfinn [www-sivut](#))

5.3.2.2 Laturin tekniset tiedot

Tulo jännite	70-264Vac 1-vaihe (70-230Vac, alennettu teho) 70-369Vdc
Hyötysuhde	89% täydellä kuormalla, >90% puolella kuormalla (230Vac tulojännitteellä)
Tulovirta rajoitettu	16A
Taajuus	47-63Hz
Tehokerroin	>0,98
Kotelointi	Alumiini kotelo, IP20
Paino	7,1kg ilman kaapeleita
Käyttölämpötila-alue	0°C-+40°C täydellä kuormalla, ehdoton maksimi +55°C

5.3.2.3 Laturin merkkivalot

Tilavallo näyttää latausprosessin eri vaiheet. Normaalin virtalähdekäytön aikana oranssi valo merkitsee, että lähtöjännite on oikea. Valmiustilan LED-valo palaa, kun laite on kytketty verkkoon, mutta sen kannessa oleva virtakytkin on OFF-asennossa. Valmiustilan LED-valo sammuu, kun virtalähteen lähtöihin kytketään virta. (Powerfinn [www-sivut](#))

5.3.3 Battery Management System

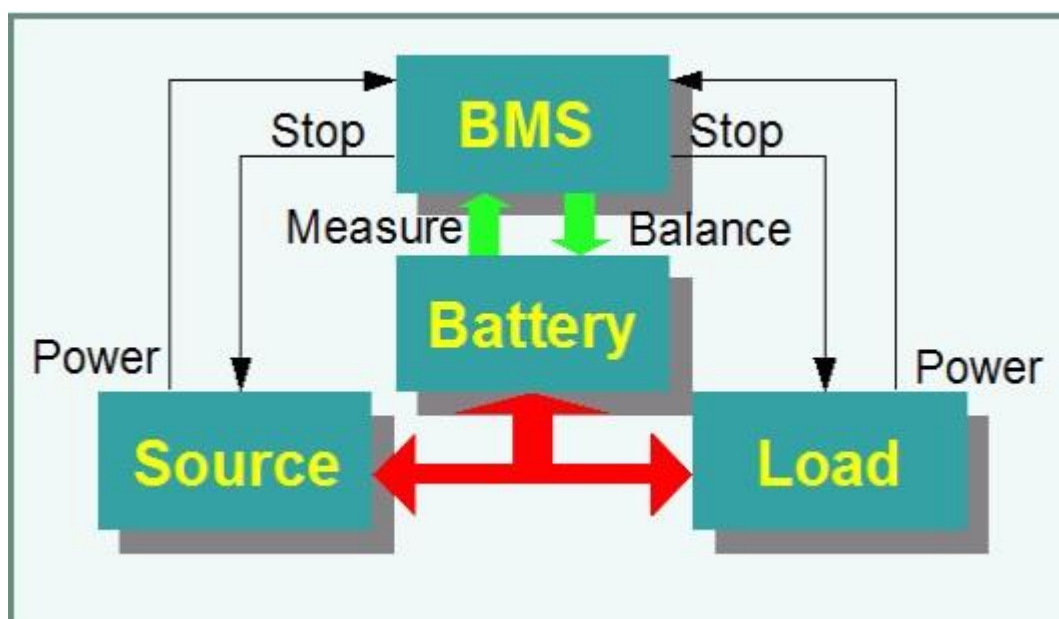
Autoon asennettu BMS-järjestelmä on Elithionin valmistama Lithiumate. Kyseessä on todella älykäs järjestelmä, joka säätelee akuston latausta ja purkausta ajon aikana. BMS-järjestelmä kommunikoi akuston kanssa joka takaa turvallisen latauksen ja puurun ajon aikana.

5.3.3.1 BMS-järjestelmän tekniset tiedot

BMS-järjestelmän tekniset tiedot:

Syöttöjännite	12V
Syöttöjännitteen virta	150mA
Digitaalinen ulostulojännite	18V
Analoginen ulostulojännite	0-5V
Tietoväylät	CAN & RS232
Toiminta lämpötila	-40 - +85°C
Havaittu akuston virta	+/- 600Adc

5.3.3.2 BMS-järjestelmän toiminta



Kuva 8. Havainnollistava kuva BMS-järjestelmän toiminnasta. (Elithion [www-sivut](http://www.elithion.com))

Tässä kappaleessa kerron, miten BMS-järjestelmä toimii. Kuvassa 8 näkyy BMS-järjestelmän toiminta. Kuvassa oleva BMS tarkoittaa BMS-järjestelmää, Battery akustoa, Load moottoriohjainta ja Source laturia.

Auton laitteiden piiri koostuu akustosta, laturista, moottoriohjaimesta ja itse BMS-järjestelmästä. Tässä piirissä akusto on kytketty laturiin ja moottoriohjaimen. Laturi lataa akustoa ja moottoriohjain purkaa akustoa.

BMS-järjestelmä saa tässä piirissä virran laturista, aina kun se on kytkettynä verkkovirtaan, ja moottoriohjaimesta ajon aikana. BMS-järjestelmä on kytketty akkukennoihin, laturiin ja moottoriohjaimeen. Järjestelmän tehtävänä akkukennoissa on mitata niiden kuntoa ja tasapainottaa jännitetasoja. BMS kertoo laturille, milloin akuston lataus tulee lopettaa ja moottoriohjaimelle, milloin akuston varauksen purkaus pitää lopettaa.

Aina kun BMS järjestelmä on päällä, se havaitsee kummalta, laturilta vai moottoriohjaimelta, virtalähteeltä se saa virtansa. Samalla järjestelmä havaitsee, jos se on saanut pyynnön sen kontaktoreiden käynnistämisestä. Samalla kun järjestelmä käynnistää kontaktorit, saattaa se suorittaa joitain testejä. BMS myös ajaa logiikka lähtöjä ja analogisia lähtöjä.

Kun BMS järjestelmä on päällä, se myös valvoo akustoa ja mittaa akkukennojen parametreit. Samalla se mittaa jokaisen kennon jännitteen, jokaisen ohjainyksikön lämpötilan ja akuston virran.

Järjestelmä myös laskee arvion akuston purkutilasta ja lataustilasta, arvioi kennojen sisäisen vastuksen, akuston kokonaisresistanssin ja akuston todellisen kapasiteetin. Samalla se arvioi myös akuston terveydentilan, akuston latauksen ja purkauksen virtarajan.

BMS ohjaa akustoa suoraan siten, että se tasapainottaa kennojen latausta ja ajaa tuuletinta. BMS ohjaa akustoa epäsuoraan siten että pyytää laturia ja moottoriohjainta vähentämään tai jopa pysäyttää akuston virran syötön.

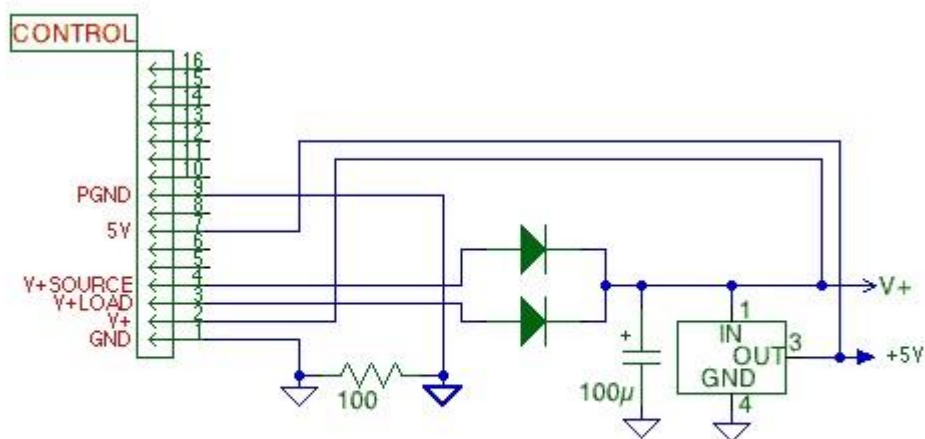
Virran ollessa päällä järjestelmä havaitsee myös sen CAN- ja RS232-väylät. CAN-väylästä se lukee dataa ja syöttää viestejä CAN-väylään. RS232-väylään järjestelmä pitää yllä komentorivi käyttöliittymää, mitä voi lukea tietokoneen avulla. Samalla se saattaa asettaa tiettyjä lukemia esiin sekunnin välein kyseiseen käyttöliittymään.

Järjestelmä havaitsee myös vikailmoituksia, jotkut näistä vikailmoituksista voi kuitata käynnistämällä järjestelmä uudestaan. Järjestelmä ilmoittaa esimerkiksi ylivirrasta tai epäonnistuneesta kontaktori testistä.

5.3.3.3 BMS-järjestelmän kytkennät

5.3.3.3.1 BMS-järjestelmän kytkeminen akustoon

Lithiumate ohjaimella on 2 erillistä virran syöttöä, Source ja Load. Source on päällä silloin kun voimalähde on päällä, voimalähde on esimerkiksi akuston laturi. Load on päällä silloin kun akuston purkua suoritetaan, esimerkiksi ajon aikana. BMS järjestelmä on päällä silloin kun jommassakummassa näistä tuloista on jännitettä.



Kuva 9. BMS-järjestelmän ja akuston välinen kytkentä. (Elithion www-sivut)

BMS tarjoaa 2 virtalähtöä ulkoisille laitteille:

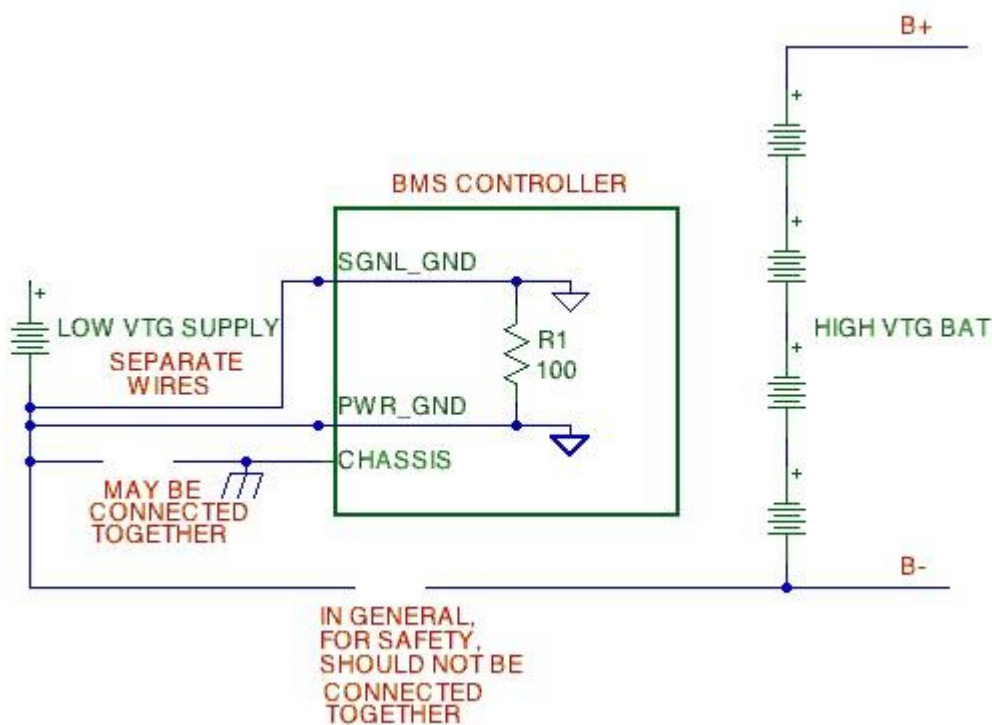
-V+: jännitteinen milloin kumpi tahansa tuloista (Source, Load) on jännitteinen, näiden kahden korkeimmalla jännitteellä (0-2A)

-5V: jännitteinen samaan aikaan, mutta antaa ulos 5V (100mA maksimi)

5.3.3.3.2 BMS-järjestelmän maadoitus

BMS lithiumate ohjaimessa on 2 erillistä maata, Signal ground ja Power ground. Signal ground on alhaista virtaa varten, se on lähde digitaalisille ja analogisille signaaleille. Power ground kuljettaa korkean virran voimalaitteille, esimerkiksi tuuletin ajureille ja kontaktorin käämin ajureille.

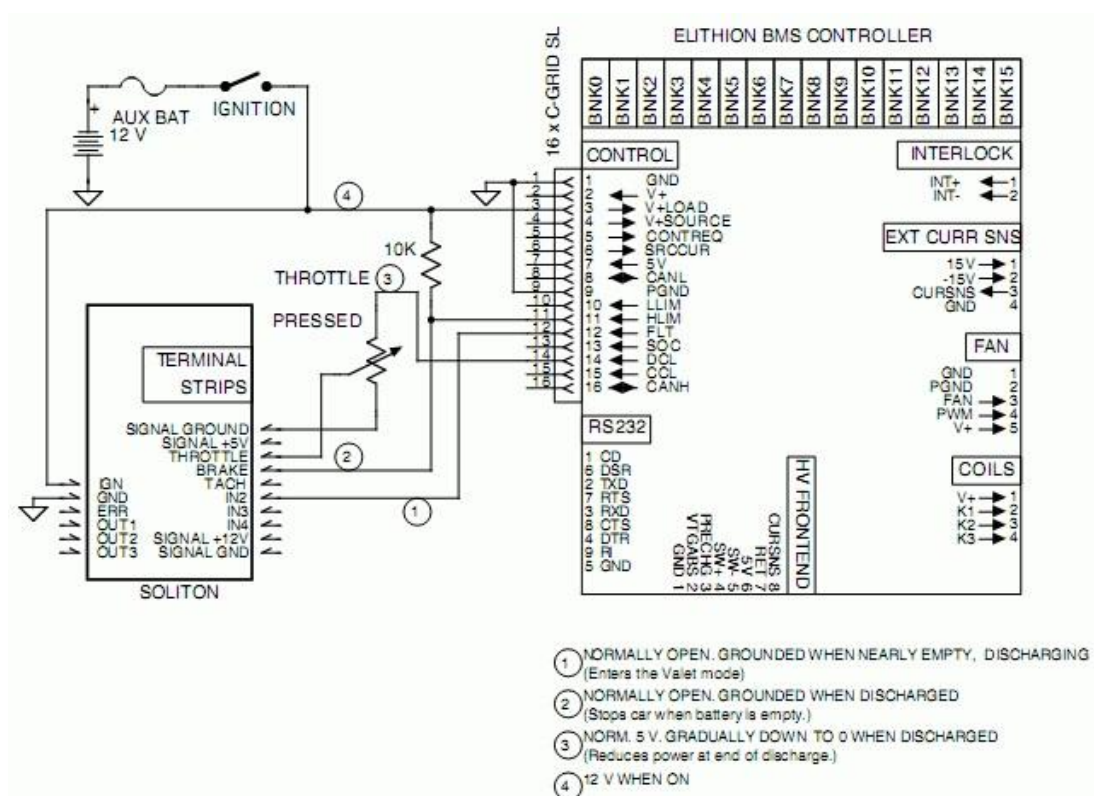
Molemmat näistä maista pitää olla kytkettynä matalajännite virtalähteen negatiiviseen napaan (nimellinen 12V virtalähde, DC-DC konverteri tai akustoon mikä antaa BMS-järjestelmälle sen virran), jokainen erillisillä johdoilla. Nämä maat on kytketty BMS-järjestelmän ohjaimessa pienellä resistorilla toisiinsa.



Kuva 10. Kuva BMS-järjestelmän maadoituksesta. (Elithion www-sivut)

Lisäksi, metallisesti koteloidut ohjaimet, jotka on eristetty Signal - ja Power ground maihin, täytyy yhdistää suoraan maahan tai runkoon turvallisuus syistä ja sen takia että saadaan suoritettua rungon eristys testi BMS-järjestelmän HV Front End:in kautta. Yleisesti, turvallisuus syistä, korkeajännite virtalähteen (se mitä BMS-järjestelmä ohjaa) negatiivinen napa ei saa olla kytkettynä näihin maihin.

5.3.3.3.3 BMS ja Evnetics Soliton moottoriohjain



Kuva 11. BMS-järjestelmän ja moottoriohjaimen välinen kytkentä. (Elithion www-elithion.com)

Moottoriohjainta ohjataan laitekohtaisilla johdoilla.

On mahdollista saada kaksi tapaa varoittamaan käyttäjää siitä, että akusto on lähes tyhjä, portaittainen vähentyminen ja vaiheittainen vähentyminen. Näistä molempia voidaan käyttää, jos halutaan.

BMS-järjestelmän "Discharge OK" lähtö kytketään moottoriohjaimen "Brake" tuuloon. Tämä sammuttaa moottoriohjaimen, jos BMS havaitsee sen, ettei akusto pysty tuottamaan jännitettä, eli akusto on tyhjä. Tässä tilanteessa ylösvetovastus tarvitaan, mutta myös 12V hehkulamppua voidaan käyttää sen sijasta.

Portaittaisessa vähentymisessä BMS :in "DCL" lähtö tulee kytkeä kaasupolkimen positiiviseen napaan. Tämä vähentää mahdollista ajoa, portaittaisesti, kun akusto on lähes tyhjä.

Vaiheittaisessa vähentymisessä BMS :in "FLT" lähtö tulee kytkeä moottoriohjaimen "IN2" tuloon. Tämän lisäksi FLT lähtö pitää konfiguroida "Warning output" -muotoon BMS-järjestelmässä.

Myös moottoriohjaimessa IN2 tulo pitää konfiguroida "Valet Mode input" -muotoon moottoriohjaimessa. Tämä vähentää saatavilla olevaa ajoaikaa, askelletusti, kun akusto on lähes tyhjä.

5.3.3.4 BMS-järjestelmän ohjelmointi ja monitorointi

Järjestelmän monitoroiminen voidaan toteuttaa tietokoneella, tabletilla tai älypuhelimella. Järjestelmää pystyy ohjelmoimaan Mac OS-X, Linux sekä Windowsin käyttöjärjestelmillä. Tableteilla ja älypuhelimilla järjestelmää voidaan monitoroida sekä Android-puhelimilla että iPhone:n ja iPadin malleilla.

Kyseisessä kuplassa BMS-järjestelmän ohjelmointi ei tule tarpeeseen, ellei auton akustoa, moottoriohjainta tai laturia vaihdeta. Järjestelmän ohjelmointi tulee tarpeeseen aina ennen auton ja BMS-järjestelmän testaamista. Jos autossa käytetään Li-FePO₄ akustoa järjestelmä tunnistaa akustosta kaiken tarpeellisen automaattisesti, kuten kennojen lukumäärän. Järjestelmän testaaminen tulee tarpeeseen, jos järjestelmään liittyviä kytkentöjä tai laitteistoja on muutettu.

Ennen käyttöönottoa on tärkeää varmistaa, että järjestelmä pystyy sammuttamaan akuston latauksen ja että järjestelmä pystyy lopettamaan akuston varauksen purkauksen. Näiden lisäksi järjestelmän ensimmäistä latausta ja akuston ensimmäistä varauksen purkausta tulee monitoroida tarkasti.

5.4 Kuplan sähköt

5.4.1 Auton sulakkeet

Auton 12V sulakkeet	
1	Parkkivalot
2	Ajovalot
3	Tuulilasinpyyhkijä
4	Sisäpuhallin
5	Radio
6	12V pistoke ohjaamossa/tupakansytytin
7	Mittarivalot
8	Jarruvalo, lasinpesurin pumppu, äänimerkki
9	DC/DC -konvertteri
10	-
11	Sisävalo
12	20A sulake

Järjestys vasemmalta oikealle, sulakkeet löytyvät auton konepellin alta. Jos sulakkeita pitää vaihtaa, on suositeltavaa käyttää yhtä suurta sulaketta kuin aikaisempikin oli. Saman väriset sulakkeet ovat yhtä suuria.

Kuten kuvassa 3 kerrotaan, auton pääsulakkeet löytyvät apukuskin penkin takaa ja 12V:in sulakkeet löytyvät konepellin alta.

5.4.2 Auton sähköistä yleisesti



Kuva 12. Kuva auton konepellin alta. (Pulkkinen 2016)

Kuvassa 3 havainnollistettiin auton konepellin alta löytyvät komponentit, numeroilla 2-4 olevat komponentit näkyvät kuvassa 12. Kuvassa 12 näkyvän harmaan kotelon sisällä on 15 kappaletta litium-akkuja. Musta kotelo sisältää pääkontaktorin ohjaukset sekä latauksen ohjauksen releet. Mustan kotelon oikealla puolella on auton laturi.

Kaikki pääkytkimet pitää olla kytkettynä päälle, että autolla voi ajaa. Pääkytkimet löytyvät apukuskin penkin takaa. Pääkytkimien lisäksi virrat pitää laittaa virtalukosta päälle.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Satakunnan ammattikorkeakoulun sähköauto-konversiosta käyttöohje. Ohjeen on tarkoitus helpottaa sähköauton tulevaisuuden käytössä ja huollossa. Puutteelliset dokumentoinnit sähköihin liittyen haittasi vähän ohjeen tekemistä sähköjen osalta, joten käyttöohje toimii tavallaan pohjana tulevaisuutta ajatellen. Tämä myös osoitti dokumentoinnin tärkeyden itse työn ohella.

Työn teoriaosuudessa käytiin läpi vähän yleisiä asioita sähköautoihin liittyen. Tämän ansiosta opin paljon lisää erilaisista sähköautoihin liittyvistä komponenteista ja moottoreista. Auton laitteiden, kuten moottoriohjaimen ja BMS-järjestelmän, käyttöohjeita selaamalla opin myös englannin kielistä tekniikkasanastoa.

LÄHTEET

Lintula, T. 2014. Satakunnan ammattikorkeakoulun sähköautoprojektin akusto ja BMS-järjestelmä. AMK-opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 02.11.2016.

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201405096848>

Elithion www-sivut 2016. Viitattu 03.01.2017.

<http://lithiumate.elithion.com/php/index.php>

Motiva www-sivut 2016. Viitattu 08.11.2016.

<http://www.motiva.fi/>

Powerfinn www-sivut. Viitattu 10.11.2016.

<http://www.powerfinn.fi/>

Go-ev www-sivut 2016. Viitattu 08.11.2016.

<http://www.go-ev.com/>

EVNetics www-sivut 2016. Viitattu 08.11.2016

<http://www.evnetics.com/>

SFS Käsikirja 600-1 Erikoistilojen ja –asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö. Finnish Standards Association SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 08.11.2016.

<http://www.sfs.fi/>

Sähköautot – Nyt! www-sivut 2017. Viitattu 04.01.2017

<http://www.sahkoautot.fi/>